

ARTIGO ORIGINAL

Técnicas de avaliação funcional do controle da ventilação no homem*

MIGUEL MOTA CARMO**, PAULO ROXO NEVES***, ANTÓNIO BENSABAT RENDAS****

RESUMO

Os autores descrevem a experiência da 1.^a unidade de exploração funcional do controle da ventilação existente em Portugal, fazendo uma análise das vantagens e limitações de cada uma das técnicas que executam nomeadamente: estimulação com CO₂, respitrace (pletismografia por variação de inductância), pressões máximas, pressão de oclusão e escalas analógicas de Borg.

PALAVRAS CHAVES: controle da ventilação; estimulação com CO₂; pressões máximas; pressão de oclusão; pletismografia por variação de inductância; escalas visuais analógicas de Borg.

SUMMARY

“Technical procedures used in the evaluation of the control of breathing in man”.

Laboratório de Exploração Funcional Respiratória do Serviço de Fisiopatologia da Faculdade de Ciências Médicas de Lisboa.

* Texto baseado numa comunicação apresentada no II Encontro Nacional de Fisiopatologia Respiratória — Coimbra; Novembro de 1990

Subsídios da JNICT (PMCT/C/SAV/456/87) e do INIC (85/CSA/3)

** Assistente de Fisiopatologia da F.C.M.L.

*** Assistente Convidado de Fisiologia da F.C.M.L.

**** Director dos Serviços de Fisiologia e Fisiopatologia da F.C.M.L.

The authors describe their experience in the organization of the first portuguese unit concerned with the study of the control of breathing in man. The advantages and drawbacks of the following procedures performed in the unit are analysed: ventilatory response to CO₂, respiratory inductive plethysmography (respirace), maximal respiratory pressures, occlusion pressure and Borg visual analog scales.

INTRODUÇÃO

A regulação da ventilação processa-se através de um conjunto complexo de controladores, efectores e receptores (mecânicos e químicos), estando a resposta a diferentes estímulos dependente da integridade destes diferentes componentes, ou seja, poderá existir um centro respiratório (CR) íntegro com uma ventilação pulmonar inadequada.

Assim, a técnica ideal para a avaliação funcional do controle da ventilação, é aquela que permita medir directamente a actividade CR. Analisando o Quadro I poderemos constatar que essa técnica ainda não existe. Conseguimos controlar o estímulo (p. ex. CO₂), mas não as respostas. Destas, a mais próxima é a medição invasiva da actividade do nervo frénico. Das técnicas não invasivas a mais próxima é a pressão de oclusão.

cional Respiratória do Hospital Cochin Port Royal de Paris, com a Prof.^a Josette Dall'Ava, a que se seguiu a pletismografia por variação de inductância. Posteriormente *standardizaram-se* as pressões máximas e a estimulação com CO₂, encontrando-se em fase de avaliação os "loads" respiratórios.

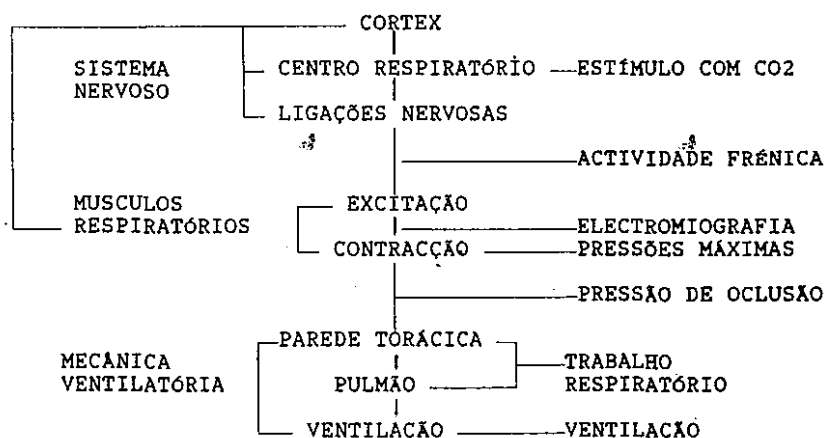
A ordem de apresentação das técnicas será da que mede a actividade do centro respiratório com um maior envolvimento de efectores para a que recorre ao menor número dos mesmos.

ESTIMULAÇÃO COM CO₂

Esta técnica baseia-se no princípio que o CO₂ é o estímulo mais potente do centro respiratório, correlacionando-se a variação da ventilação com o valor da pressão parcial de CO₂ no final da

QUADRO I

Local onde cada técnica avalia a actividade do centro respiratório



No nosso laboratório, iniciámos em 1983 o estudo e padronização da pressão de oclusão, após estágio no Laboratório de Exploração Fun-

expiração corrente (petCO₂). Existem dois métodos: o "estado de equilíbrio" e o "circuito fechado". (1). O primeiro utiliza concentrações crescentes de

CO₂ de 3%, 5% e 7%, inaladas por períodos de 10 minutos determinando-se a variação da ventilação pulmonar. No segundo método desenvolvido por Read (2), respira-se uma única concentração de 7-8% de CO₂, num saco com a capacidade de 7 litros, durante ± 5 minutos. Escolhemos o método de Read por ser o de mais rápida execução, e apresentar variações da ventilação pulmonar sobreponíveis ao "estado de equilíbrio".

MATERIAL

Utilizamos o seguinte material:

- pneumotacógrafo Jaeger;
- analisador rápido de CO₂ Datex;
- válvula de rebreathing Hans Rudolph;
- saco de rebreathing (± 7 litros) Hans Rudolph;
- mistura gasosa de 8% de CO₂ e 92% de O₂;
- computador IBM-PC AT com programa de aquisição e tratamento de dados "on-line", com cálculo da recta de regressão linear de CO₂ com a ventilação;

MÉTODO

Inicia-se com a determinação da ventilação pulmonar em repouso, a que se segue um período de ± 5 minutos de respiração em circuito fechado através do saco de "rebreathing" que contém ± 7 L de uma mistura gasosa de 92% de O₂ e 8% de CO₂. A aquisição dos dados é feita "on line" através dum computador IBM-PC AT, utilizando o programa AT CODAS System Disk (DATAQ INSTRUMENTS, INC). Faz-se a medição do CO₂ e da ventilação pulmonar correspondente, de 15 em 15 segundos, após o que se calcula a recta de regressão da ventilação com o CO₂ utilizando o programa de estatística MICROSTA version 4.

RESULTADOS

Os resultados que obtivemos em normais no nosso Laboratório, apontam para um coeficiente de regressão médio de 1,1, (mínimo 0,8- máximo 1,8) o que significa que a ventilação pulmonar varia de 1,1 Litros por minuto por mmHg de CO₂. Outros autores apresentam valores que variam de 1,1 a 2,65 (1).

COMENTÁRIOS

O estudo da variação da ventilação pulmonar com a estimulação com CO₂, é uma técnica de rápida execução, segura, e cujo efeito adverso principal são as cefaleias.

Pode não haver um aumento adequado da ventilação pulmonar apesar de existir um centro respiratório íntegro, uma vez que os efectores podem estar lesados (DPCO, cifoescoliose, lesão do frénico, etc.).

Não pode ser aplicada a doentes com hipercápnia.

Atendendo a que há variações entre os diferentes laboratórios, cada um deve ter os seus valores de referência.

PLETISMOGRAFIA POR VARIAÇÃO DE INDUCTÂNCIA (RESPITRACE)

A pletismografia por variação de inductância (PVI), é um método não invasivo para determinação dos parâmetros ventilatórios, que mede área de secção torácica e abdominal, e é internacionalmente conhecido por RESPITRACE (3).

MATERIAL E MÉTODOS

É constituído por um transductor (banda) torácico e outro abdominal, formados por um sinusóide de fio isolado, envolvido por um tecido com uma altura de 10 cm. No tórax é colocado sobre o esterno, com o bordo superior junto à axila e no abdómen é colocado a meia distância entre as costelas inferiores e a cristas ilíacas. Os sinusóides são excitados por um oscilador que produz uma frequência na ordem dos 300 KHz que criam um campo magnético em torno do tórax e abdómen, que varia com os movimentos respiratórios. Estas variações são posteriormente convertidas em tensão, sendo a soma de ambos os sinais igual ao volume de ar deslocado.

Este volume é calibrado por meio de um espirometro Mijnhardt, pelo método das equações simultâneas (4). Assim as variações de volume do espirometro são registadas em simultâneo com os sinais do tórax e abdómen, calculando-se com um computador BBC, e utilizando um programa de "software" específico, os ganhos para o tórax e abdómen de forma a que os volumes espirométricos

cos e os dados pela PVI sejam iguais. Segue-se uma fase de registo simultâneo, em que se considera o sistema como calibrado, se o erro de leitura for inferior a 10%.

Após esta fase, necessariamente demorada, segue-se o registo contínuo por períodos previamente estabelecidos, com aquisição "on-line" através dum computador IBM-PC AT dos seguintes parâmetros: volume corrente (V_t), frequência respiratória (f), ventilação pulmonar (VE), tempo inspiratório (TI), relação V_t/TI (fluxo inspiratório médio), relação TI/T_{tot} , e % da comparticipação abdominal para o V_t (% AB).

De todos os métodos que não utilizam peças bucais escolhemos este, uma vez que é o único que é quantitativo, pois mede a área de secção da caixa torácica e do abdomen (4).

meiramente manual e posteriormente computorizada, o nosso primeiro trabalho de investigação com o Respitrace, teve como objectivo verificar se haveria mais que um oscilador central da frequência respiratória (5). Para isso, realizámos registos contínuos de 4 horas da frequência respiratória com análise espectral. A hipótese inicial não se confirmou, uma vez que a distribuição da frequência respiratória foi unimodal.

Seguidamente estudámos os coeficientes de variação dos diferentes parâmetros ventilatórios num grupo de indivíduos normais e num grupo de escolioses (Fig. 1), não se tendo observado diferenças significativas entre os dois grupos.

Actualmente, estamos a caracterizar os parâmetros ventilatórios em várias situações nosológicas.

RESULTADOS

Após uma fase inicial de vários meses para montagem e desenvolvimento da calibração, pri-

COMENTÁRIOS

O Respitrace é um método não invasivo, quantitativo para o estudo dos diferentes parâmetros ventilatórios, ideal para registos de longa dura-

RESPITRACE COEFICIENTES DE VARIAÇÃO

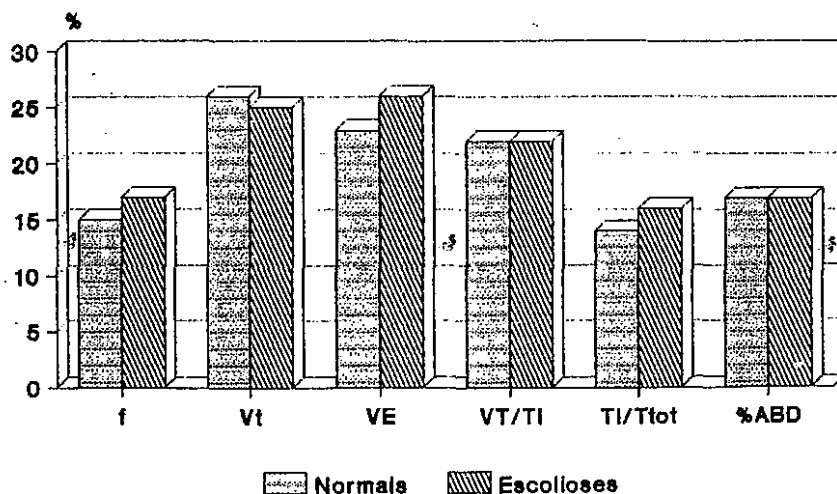


Fig. 1 — Coeficientes de variação dos parâmetros ventilatórios. f — frequência respiratória; V_t — volume corrente; VE — ventilação pulmonar; VT/TI — índice inspiratório médio; TI/T_{tot} — tempo ocupado pela inspiração num ciclo respiratório; % ABD — percentagem da comparticipação abdominal para o volume corrente.

ção, incluindo o sono, permitindo o estudo da comparticipação torácica e abdominal (movimentos paradoxais).

A sua calibração é demorada, complexa e por vezes impossível de realizar (obesos, DPCO), com uma curva de aprendizagem demorada.

PRESSÕES MÁXIMAS

Esta técnica pretende avaliar a função dos músculos respiratórios inspiratórios e expiratórios, através da força gerada ao nível da boca (6,7,8).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação das pressões máximas inspiratória e expiratória, utilizámos uma válvula de 3 vias Hans-Rudolph 2100, com uma fuga de 1 mm de diâmetro, um transdutor Valydine MP-45, um espirómetro de câmpânula Mijnhardt, e um registador analógico de 4 canais Narco Bio Systems.

A calibração do sistema é feito por meio de uma coluna de mercúrio em U com escala em mmHg.

Respirando através da peça bucal, e com mola nasal, determina-se a Capacidade Pulmonar Total (CPT), a Capacidade Residual Funcional (CRF) e o Volume Residual (VR). Para o registo da Pressão Máxima Expiratória (PME), faz-se uma inspiração profunda até à CPT (controlada por espirometria), roda-se a válvula obtendo-se a oclusão desta, e o doente executa uma expiração forçada com incentivo constante, de forma a que se obtenha a máxima pressão possível. A expiração é feita com as mãos nas bochechas de forma a que estas não encham, e consequentemente se tornem numa fuga de pressão. Esta manobra é feita pelo menos 5 vezes considerando-se o valor máximo atingido e mantido pelo menos 1 segundo. Repete-se a manobra, sendo a expiração realizada ao nível da CRF.

Para o cálculo da Pressão Máxima Inspiratória (PMI), faz-se uma expiração profunda até ao nível do VR, oclui-se a válvula e o sujeito executa uma inspiração forçada contra a válvula, mantendo-se o incitamento durante toda a manobra. Tal como para a PME, repete-se a manobra ao nível da CRF e considera-se o valor máximo atingido, em pelo menos 5 determinações, e mantido durante pelo menos 1 segundo.

Os valores obtidos em mmHg, são posteriormente convertidos em cmH₂O.

RESULTADOS

Para a *standardização* desta técnica, começámos por obter os valores normais para o nosso Laboratório, uma vez que está estabelecido internacionalmente que para as pressões máximas cada laboratório deve ter os seus padrões. Para isso, analisámos as variações com a idade, com o volume pulmonar e com a posição corporal (Fig. 2). Assim, não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre as posições sentada e deitada (9). Igualmente as pressões não variaram significativamente com a PME ao nível da CPT ou CRF e PMI ao nível do VR e da CRF (9). Quanto à idade (Fig. 3), estudámos três grupos de mulheres: a pressão aumenta do Grupo I (10-16 anos) para o grupo II (16-25) e decresce para o grupo III (60-75 anos). Quanto ao sexo há uma diferença significativa entre homens e mulheres. Observou-se para todas as médias obtidas, um grande desvio padrão.

Após esta fase estabelecemos que se poderia determinar a PME ao nível da CPT e a PMI ao nível do VR, e que em estudos comparativos se deveriam utilizar grupos de controle com a mesma idade.

Estudámos assim, três grupos de doentes: com escoliose, com artrite reumatoide e diabetes mellitus insulino dependentes, pertencentes a projectos autónomos do serviço e cujos resultados estão enumerados na Fig. 4 (10,11,12,13,14).

COMENTÁRIOS

É uma técnica facilmente exequível mas extremamente dependente da colaboração dos doentes. Por isso, é fundamental o incitamento constante para que se obtenha uma pressão "máxima". Observa-se um grande desvio padrão, provavelmente devido aos factores atrás enumerados e que nos leva a pensar que esta técnica deverá ser mais utilizada no seguimento individual de doentes em tratamento (p. ex. reabilitação respiratória) do que no diagnóstico.

PRESSÕES MÁXIMAS POSICÕES E VOLUMES

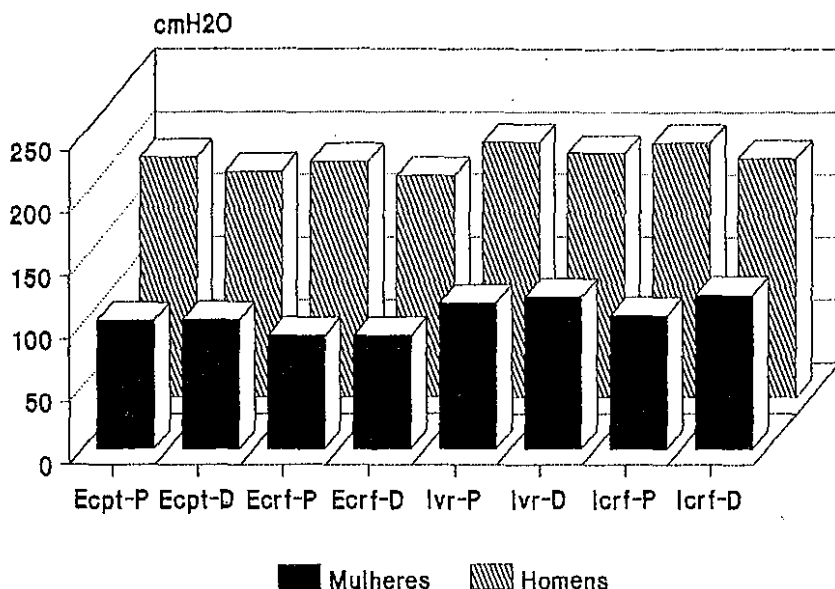


Fig. 2 — Variação das pressões máximas com a posição corporal (P-Pé e D- Deitada) e o volume pulmonar. Ecpt — pressão máxima expiratória ao nível da capacidade pulmonar total; Ecrf — pressão máxima expiratória ao nível da capacidade residual funcional; Ivrr — pressão máxima inspiratória ao nível do volume residual; Icrf — pressão máxima inspiratória ao nível da capacidade residual funcional. Icrf — pressão máxima inspiratória ao nível da capacidade residual funcional.

PRESSÃO DE OCLUSÃO

A pressão de oclusão (PO, 1), é uma técnica que permite determinar a actividade do centro respiratório, sendo o método não invasivo que mede a actividade do centro respiratório mais próximo deste (15).

MATERIAL E MÉTODO

Para a sua determinação, utiliza-se uma válvula de 3 vias Hans-Rudolph 2700, que possui um dispositivo de oclusão na via inspiratória (balão que é enchido com ar comprimido), um

transdutor diferencial Valydine, e um registador analógico, de 4 canais Narco Bio-Systems. Para a calibração do sistema, utiliza-se uma coluna em U graduada em cm de H₂O.

Assim, o sujeito com uma mola nasal, respira através da peça bucal, e sem que se aperceba, é ocluída a via inspiratória durante a expiração e a inspiração seguinte é iniciada contra uma válvula, gerando-se uma pressão maior. O tempo que medeia entre a oclusão e a percepção da mesma é aproximadamente 300 milissegundos, pelo que medimos a pressão nos primeiros 100 milissegundos. Esta pressão gerada, é conhecida como pressão de oclusão, e é dependente única e exclusivamente das descargas centrais e da contração do dia-

PRESSÕES MÁXIMAS IDADE

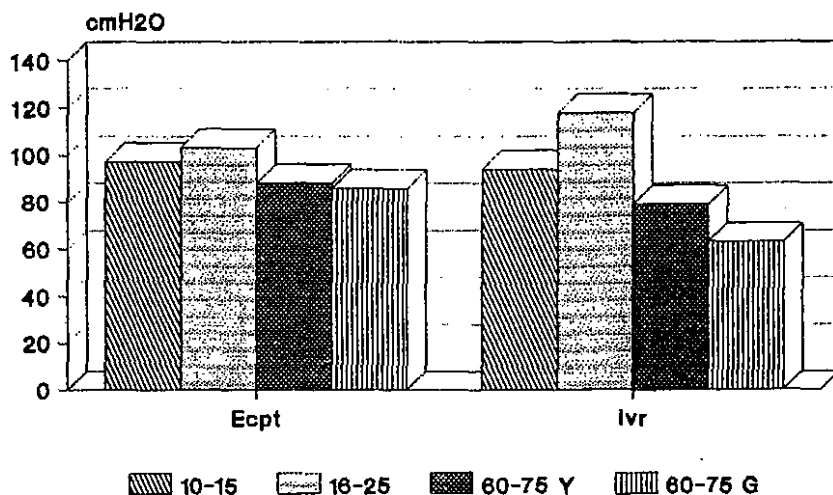


Fig. 3 — Variação das pressões máximas com a idade. Ecpt — pressão máxima expiratória ao nível da capacidade pulmonar total; Ivr — pressão máxima inspiratória ao nível do volume residual; 10-15 anos; 16-25 anos; 60-75 anos; Y — praticantes de yoga; G — praticantes de ginástica.

PRESSÕES MÁXIMAS

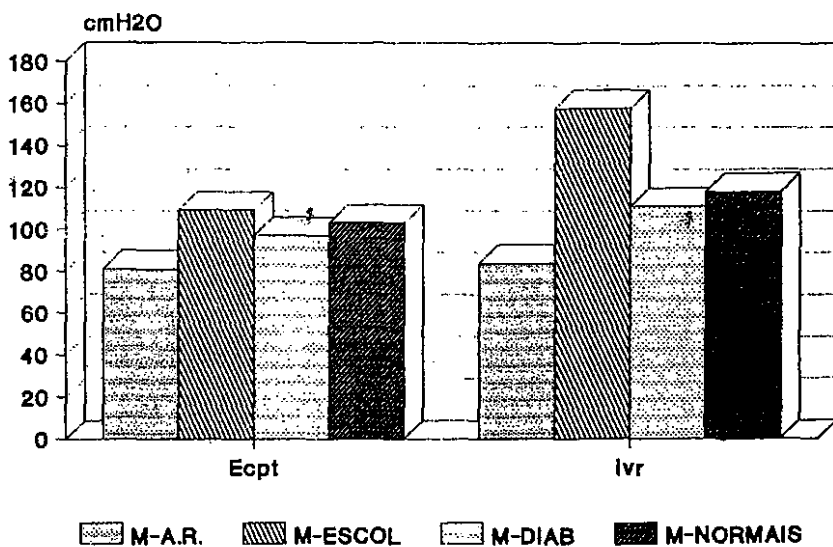


Fig. 4 — Pressões máximas em mulheres com diferentes patologias; M-AR-ArtriteReumatoide; M-Escol-Escolioses; M-Diab- Diabetes.

fragma, sendo independente da vontade (o sujeito não sabe que vai ser ocluído na inspiração seguinte), independente do estado das vias aéreas, parênquima e caixa torácica (não há entrada de ar nas vias aéreas) e independente do jogo de forças elásticas (oclusão é feita ao nível da CRF).

Determinámos a média de pelo menos 5 oclusões, intervaladas de pelo menos 10 ciclos respiratórios.

RESULTADOS

No nosso primeiro trabalho, estudámos as variações da pressão de oclusão com a mudança de posição corporal (16), observando-se uma variação significativa entre as posições de pé, sentada e deitada, o que demonstra a influência que a CRF tem sobre este método.

Aplicámos esta técnica na posição de pé a indivíduos normais e a doentes com escoliose, artrite reumatoide e diabetes, estando os resultados representados na Fig. 5. Não se observam diferenças significativas, excepto para as escolioses em que

encontrámos uma tendência para um aumento de pressão (10,11,12, 13,14).

COMENTÁRIOS

É uma técnica não invasiva, facilmente executável independente da vontade e de lesões do parênquima, vias aéreas ou caixa torácica, encontrando-se limitada por lesões do frénico e/ou diafragma.

Medida isoladamente e em repouso parece ser de escassa utilidade uma vez que não se observam diferenças entre os vários grupos, sendo provavelmente de maior interesse quando utilizada em associação com a estimulação pelo CO₂ (17).

SITUAÇÃO ACTUAL DO LABORATÓRIO

A Unidade de Exploração Funcional do Controle da Ventilação do Laboratório de Fisiopatologia de FCML, teve um crescimento lento mas seguro, durante o qual foram montadas e avaliadas técnicas complexas, encontrando-se actualmente

PRESSÃO DE OCLUSÃO

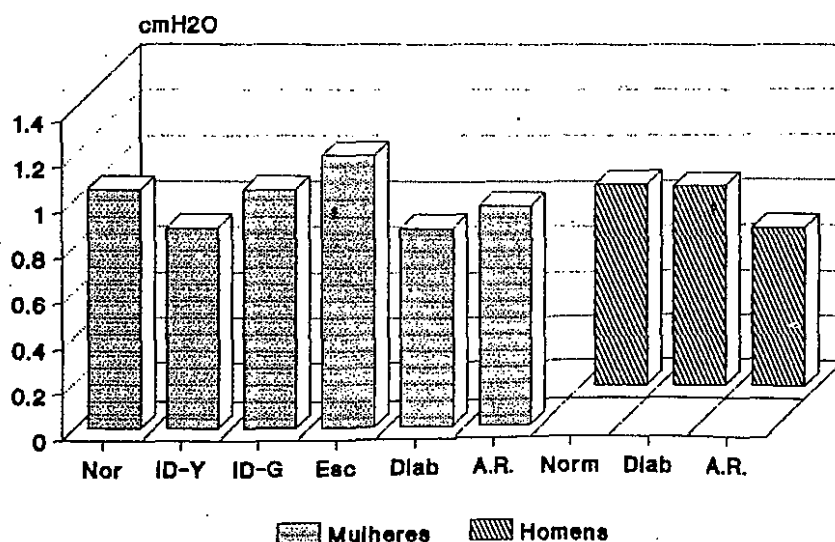


Fig. 5 — Pressão de oclusão.: Nor- Normais; ID-Y- Idosas yoga; ID-G- Idosas ginástica; Esc-Escolioses; Diab-Diabetes; AR-Artrite reumatoide.

a maioria com aquisição e leitura automatizada dos sinais "on-line".

Neste momento, cada doente é submetido a todas as técnicas, existentes no laboratório, de uma forma integrada, ou seja, registo simultâneo da ventilação pulmonar, pressão de oclusão, parâ-

metros ventilatórios, comparticipação toraco-abdominal e escalas analógicas de Borg (avaliação quantitativa da dispneia) em repouso e com estimulação com CO₂ (Fig. 6) Posteriormente, determinam-se volumes, capacidades pulmonares e pressões máximas respiratórias.

INTEGRAÇÃO

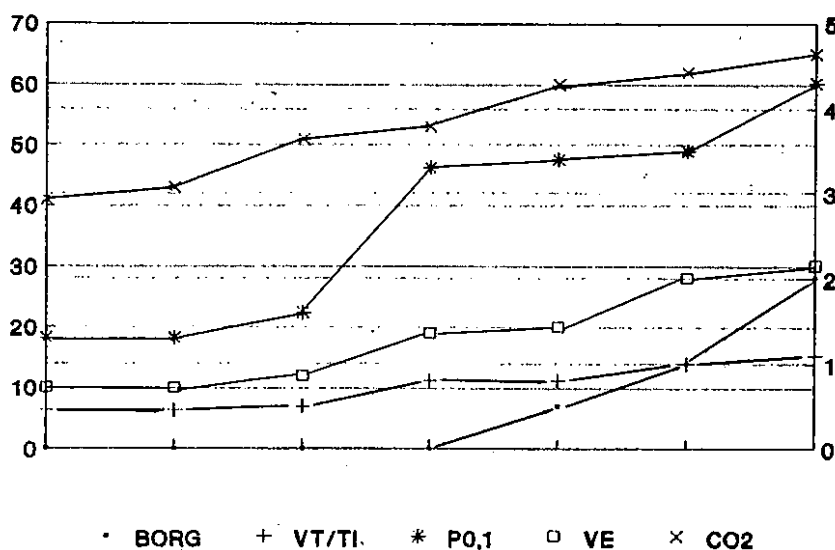


Fig. 6 — Integração das diferentes técnicas (representação de 1 caso). CO₂-estimulação com CO₂; VE-resposta ventilatória ao CO₂; PO, I- resposta da pressão de oclusão ao CO₂; BORG- escalas analógicas para quantificação da dispneia; VT/ TI- variação do índice inspiratório médio com o CO₂ (eixo horizontal-tempo; e eixo vertical -0 a 70 para a ventilação e CO₂ e 0 a 5 para a PO, I, BORG e VT/TI).

BIBLIOGRAFIA

- 1 — JENNET, S. Methods of studying the control of breathing in experimental animals and man. *Pharmac Ther* 1976; 2: 683-716.
- 2 — CLARK, T. J. H.; READ, D. J. C. A rebreathing method for studying the ventilatory response to CO₂. *J. Physiol* 1966; 184: 41 P.
- 3 — COHN, M.; RAO, A. S. V.; BOUNDY, M., et al. The respiratory inductive pneumograph a new non invasive monitor of respiration. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1984; 18: 643-658.
- 4 — MOTA CARMO, M. Métodos não invasivos para o estudo dos parâmetros ventilatórios. *Medicina e Cirurgia*, 1986; 6:287-305.
- 5 — ROXO NEVES, P.; MOTA CARMO, M.; NEUPARTH, N.; DALL'AVA, S.; RENDAS, A. B. Análise da frequência respiratória durante a vigília em

- indivíduos saudáveis. *Arq. Soc. Port. Patol Respir* 1988; 5: 65-70.
- 6 — HSIUN-ING, C.; CHING-SU, K. Relationship between respiratory muscle function and age, sex and other factors. *J. Appl Physiol* 1989; 66: 943-948.
 - 7 — SCHRADER, P. C.; QUANJER, PH. H.; OLIVIER, I. C. W. Respiratory muscle force and ventilatory function in adolescents. *Eur Respir J* 1988; 1: 368-375.
 - 8 — VINCKEN, W.; GHEZZO, H.; COSIO, M. G.; Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1987; 23: 435-439.
 - 9 — MOTA CARMO, M.; GAMBOA, T.; RENDAS, A. B. Pressões máximas respiratórias em adultos jovens. *Archivos de Bronchoneulogia* 1989; 25 (supl. 1): 24.
 - 10 — MATOS, A.; MOTA CARMO, M.; BRANCO, J.; TAVARES, V.; SILVA, I. R.; RENDAS, A. B.; QUEIROZ, V. Lung function studies in patients with rheumatoid arthritis (RA). *Clinical and Experimental Rheumatology* 1990; 8-s-4: 25.
 - 11 — MOTA CARMO, M.; BRANCO, J.; MATOS, A.; TAVARES, V.; SILVA, I. R.; QUEIROZ, M. V.; RENDAS, A. B. Volumes, flows and respiratory pressures in women with rheumatoid arthritis (RA). *Eur Respir J* 1990; 3 (supl. 10): 373s-374s.
 - 12 — TAVARES, V.; MOTA CARMO, M.; BRANCO, J. C.; MATOS, A. A.; SILVA, I. R.; RENDAS, A. B.; QUEIROZ, M. V. Parâmetros ventilatórios e pressões respiratórias em doentes com artrite reumatoide. Estudo longitudinal (resultados preliminares). *Acta Reumatológica Portuguesa* 1991; XVI (supl. 1): 80.
 - 13 — MOTA CARMO, M.; BRANCO, J.; SILVA, I. R.; ANDRÉ, O.; SILVA, J.; QUEIROZ, M. V.; RENDAS, A. B. Volumes, flows and respiratory pressures in patients with insulin dependent diabetes (IDD). *Eur Respir J* 1991; 4 (supl. 14): 268s.
 - 14 — BRANCO, J.; MOTA CARMO, M.; SILVA, I. R.; ANDRÉ, O.; SILVA, J.; RENDAS, A. B.; QUEIROZ, M. V. Volumes, débitos e pressões respiratórias em doentes com diabetes insulino dependente com e sem síndrome de limitação da mobilidade articular. *Acta Reumatológica Portuguesa* 1991; XVI (supl. 1): 80.
 - 15 — WHITELAW, W. A.; DERENNE, J. PH.; MILIC-EMILI, J. Occlusion pressure as a measure of respiratory center output in conscious man. *Respir Physiol* 1975; 23: 181-199.
 - 16 — MOTA CARMO, M. Alterações da pressão de oclusão e do padrão ventilatório com as mudanças de posição corporal. *J Soc de Ciências Med.* 1986; 150: 229-234.
 - 17 — MARAZANNI, L.; CAVESTRI, R.; GORI, D.; GATTI, L.; LONGHINI, E. Difference between mouth and esophageal occlusion pressure during CO₂ reabreathing in COPD. *Am Rev Respir Dis* 1978; 118: 1027-1033.